

### III. ТЕХНОЛОГИИ ЗА ПРЕЧИСТВАНЕ

#### ЕКОЛОГИЧНА ПРЕЦЕНКА НА НОВА ТЕХНОЛОГИЯ НА МЕТАНОВА ФЕРМЕНТАЦИЯ НА БИТОВИ ОРГАНИЧНИ ОТПАДЪЦИ

Байко Байков, Иво Чуканов, Ботьо Захаринов

#### ECOLOGICAL ASSESSMENT OF A NEW TECHNOLOGY OF THE METHANE FERMENTATION OF DOMESTIC ORGANIC WASTES

Bayko D. Baykov, Ivo Chukanov, Botio Zaharinov

**Abstract:** An ecological assessment was done on the technology of biogas production from domestic organic waste according to two criteria: level of mineralization of the substrate and content of biogene and toxic microelements in the compost. Optimal parameters were determined of temperature and content of dry substance in the substrate. It is proved that the domestic organic waste can be used by methane fermentation.

**Key words:** domestic organic waste, compost, biogas, biogas technology, biogene elements, toxic elements

През 1985 г Яблоков и Остроумов предлагат да се диференцира нова екологична наука, предмет на която са “целенасочените практически мероприятия, свързани с решаване на задачи в областта на опазване на живата природа посредством използване на екологични подходи и методи”. По аналогия с генното инженерство, те назовават новата наука екологично инженерство. Примерите, с които се илюстрират предмета и задачите ѝ са свързани с реинтродуциране на изчезнали в миналото растения и животни в техните традиционни местообитания.

През следващите две десетилетия се установи, че първостепенна причина за загиването на много представители на флората и фауната са промените в местообитанията им в резултат на антропогенните фактори. Очевидно е, че реинтродукцията е финалната фаза от мащабни и комплексни мероприятия започващи с възстановяване на параметрите на жизнената среда при които е преминала еволюцията на застрашените от изчезване видове. Това схващане налага да се разшири предмета на екологичното инженерство като началният етап включва биотехнологични и инженерни разработки за оптимизиране на абиотичните и биотични екологични фактори в конкретните екотопи. Човечеството сега живее в условията на екологична криза предизвикана от нарушаване на кръговрата на материята в екосистемите поради дефицит на биоре-

дуценти или липса на условия за функциониране на микробните съобщества. [Реймерс, 1994]. За много страни в т.ч. и за България възникват проблеми, които водят до неблагоприятни последици в две насоки: при натрупване на органични отпадъци в почвата или във водните екосистеми започват процеси на гниене и отделяне на токсични вещества, в резултат на което рязко се понижава плодородието на почвата. Освен това поради разкъсване на кръговрата на материята почвата се лишава от биогенни химични елементи и от хумус и крайният резултат е превръщане на високопродуктивните системи в пустини.

Целта на настоящата работа е да се проучи възможността за възстановяване на почвеното плодородие посредством прилагане на известна още в древния Вавилон биотехнология, която е модернизирана през последното десетилетие с оглед безопасно за здравето на човека и на екосистемите анаеробно разграждане на битовите органични отпадъци и тора от селскостопанските животни. Тази широко прилагана в Азия и страните от ЕС технология е метановата ферментация на органичните вещества, при която се получава газово гориво (смес от метан и въглероден диоксид, наречена биогаз) и твърда фракция, съдържаща всички биогенни макро и микроелементи, известна като биошлам, или както се нарича в англоезичната литература компост [Werner, 1991, Dan, 2000 и др.]. Традиционните биогазови



инсталации функционират при относително ниско съдържание на сухо вещество – около 7% при максимум 12% [Baykov Tyrawska, 1989, Baader et al, 1980, Sasse, 1984]. Целта на настоящите проучвания е да се направи преценка на технология за преработка на органични отпадъци с високо съдържание на сухо вещество по патентована в Германия технология BTA-process (фирмена документация). Досега се препоръчваше при оползотворяване на органични отпадъци с високо съдържание на сухо вещество аеробна преработка известна като компостиране, изгаряне на сметищата неорганизирано или в специални инсталации при ограничен достъп на кислород и контролирани параметри - пиролиза.

### МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

Проучванията са проведени в завод за преработка на отпадъци, построен в гр. Торонто, Канада, в който се прилага патентованата в Германия технология за произ-

водство на биогаз BTA-process. Направена е екологична преценка в която е проучено въздействието върху степента на минерализация на два основни технологични параметъра: температура и съдържание на сухо вещество в субстрата. Освен това са анализирани качествата на продукта от метановата ферментация известен като биошлам или компост с оглед използването му за повишаване плодородието на почвата. Биошламът се преценява по степен на минерализация, съдържание на биогенни химични елементи (K, P и N и тяхното съотношение), съдържание на токсични елементи и микробиологични показатели. Тези изследвания бяха проведени в лицензирана лаборатория CCN-TBN Toronto Inc по стандартизирани за Северна Америка методи. Резултатите в Табл. 1 са средно аритметично от изследване на 12 проби биошлам, преди внасянето му в мобилни контейнери за допълнително обеззаразяване и минерализиране.

Таблица 1. Съдържание на биогенни и токсични елементи в биошлам получен по технология bTA – process

№ по ред	Параметър	Дименсия	Стойност на Канада	Установена стойност
1.	Степен на минерализация	%	–	70 ± 2
2.	Съдържание на сухо вещество	%	–	32 ± 4
	Биогенни елементи			
1.	Калий	mg / kg	–	2500 ± 500
2.	Фосфор	mg / kg	–	7500 ± 400
3.	Азот	mg / kg	–	9400 ± 950
4.	Съотношение C / N	–	–	23,50
	Токсични елементи			
1.	Арсен	mg / kg	13,0	1,70 ± 1,0
2.	Кадмий	mg / kg	3,0	< 0,5
3.	Хром	mg / kg	210,0	15,0 ± 4,2
4.	Кобалт	mg / kg	34,0	< 2
5.	Мед	mg / kg	100,0	25,0 ± 12,0
6.	Олово	mg / kg	150,0	9,0 ± 2,4
7.	Живак	mg / kg	5,0	0,20 ± 0,05
8.	Молибден	mg / kg	5,0	< 3
9.	Никел	mg / kg	62,0	6,2 ± 1,4
10.	Селен	mg / kg	2,0	0,76 ± 0,2
11.	Цинк	mg / kg	500,0	110,0 ± 24

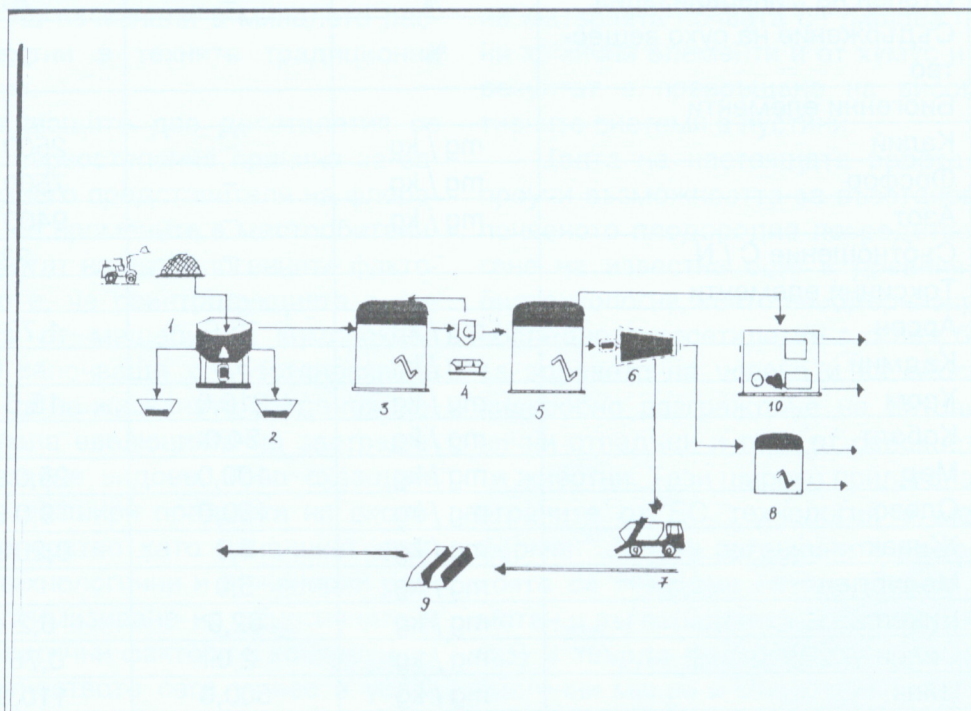


## РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Технологията, обект на настоящите проучвания, включва смилане и хомогенизиране на органичните отпадъци с високо съдържание на сухо вещество, разреждане на хомогенизирания субстрат с оборотна вода, управлявана метанова ферментация при която се получава газово гориво – биогаз и продукт биошлам, който е с висока стойност за повишаване на плодородието на почвата. Особеност на патентованата разработка е екологосъобразността, която се заключава в обратно използване на водата и херметизирането на всички технологични звена, което позволява пречистване на излизания от помещенията въздух.

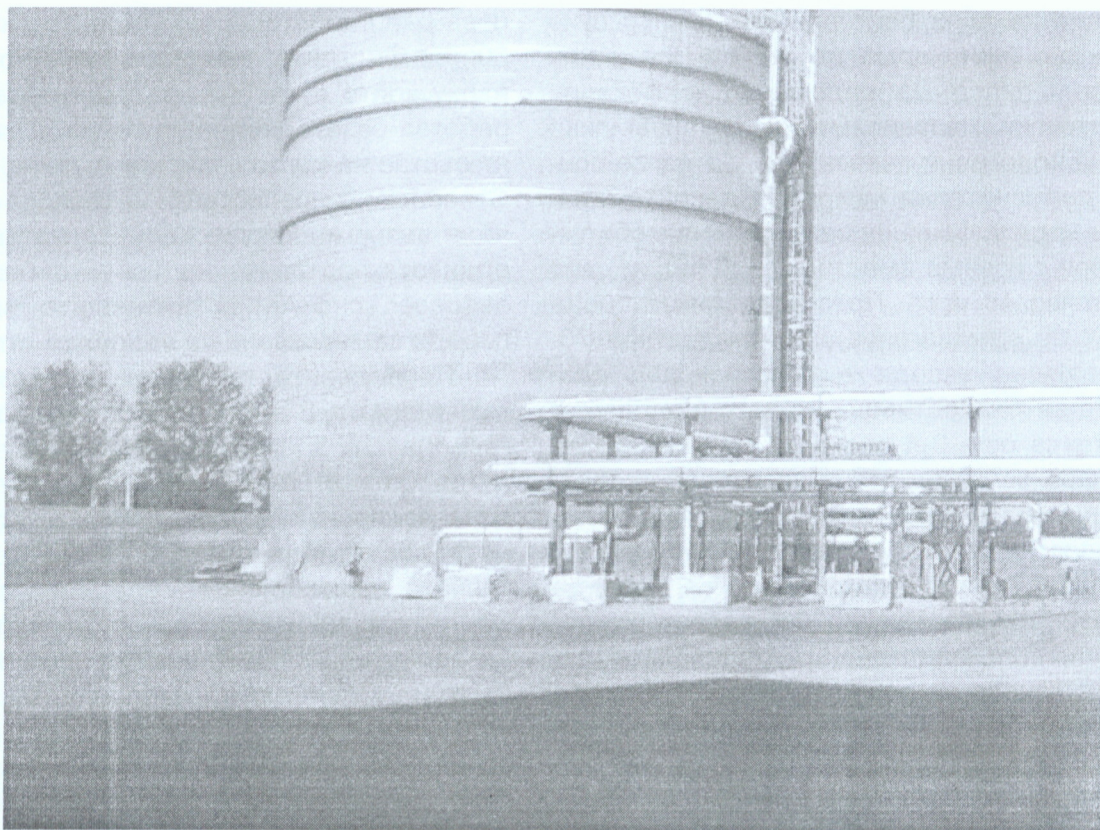
Технологичната схема в завода за преработка на органични битови отпадъци е показана на Фиг.1. Целта на проучванията бе да се установят оптималните технологични параметри. След продължителни наблюдения и анализ на ежедневно регистрираните в завода технологични параметри (температура във ферментатора и сухо вещество на субстрата) и степента на минерализация на субстрата следва да се прецени като оптимална следната технологична схема, която е целесъобразно да се мултиплицира в България. Битовите отпа-

дъци се транспортират със специализиран транспорт, пакетирани в пластмасови торбички. В патентованата технология ВТА не се изисква стандартизиране и контрол на битовите отпадъци. За да се постигне максимална степен на минерализация е необходимо спазването на следните технологични параметри. В модула от Фиг.1 маркиран с (1) 10 t битови отпадъци или тор при сухо почистване на помещенията се смесват със 17 m<sup>3</sup> вода. Субстратът, разреден с вода се хомогенизира след което се смилва в продължение на 4 min. Течната фракция се изпомпва през дъното като преминава през решетка с големина на отворите 9 mm. Специална механизация отстранява пластмасовите торбички, които плуват на повърхността, след което те се стифират, пресоват и балират. Останалите върху решетката частици се отвеждат в контейнер за тежки частици (2). Течната фракция се транспортира до цистерна 3, където отново се хомогенизира и се смесва допълнително с вода, за да достигне съдържание на сухо вещество 7-9%. Хомогенатът се транспортира по тръбопровод до хидроциклон (4), в който се отстраняват дребните метални частици, преминали през филтъра.



Фиг.1. Схема на инсталацията за метанова ферментация на органични отпадъци





Фиг.2. Ферментор в който се осъществява метановата ферментация на предварително преработени органични отпадъци

Течната фракция се отвежда във ферментор за анаеробна ферментация (5), който е с обем  $3200 \text{ m}^3$ . Сравнителните проучвания показват, че е целесъобразно прилагането на непрекъснат режим на ферментация при следния технологичен режим: запълване на 90% от обема на ферментора със субстрат, подмяна през всяко денонощие на  $300 \text{ m}^3$  от субстрата, чрез внасяне на суровина и отливане на същото количество отработен продукт (биошлам). Сравнителните проучвания показват, че оптималната температура на метановата ферментация е  $36^\circ\text{C}$  и този температурният режим се постига с допълнително отопление с енергоносител биогаз. Поддържането на температурния режим, както и на pH във ферментора е автоматизирано и се регистрира и регулира в залата за "КИП и автоматика". Хомогенизирането на субстрата във ферментора се постига чрез компресирано подаване на получения биогаз. При такава натовареност на ферментора се получава по  $700 \text{ m}^3/\text{h}$  газово гориво, което съдържа 55% метан, 40% въглероден диоксид и 5% вода. В резултат на метановата ферментация сухо-

то вещество намалява от 7-9% на 3,4-5%. Полученият биогаз се използва за получаване на електрическа енергия и на топлина, необходима за загряване на ферментора и за нуждите на производствените помещения (10). Течният биошлам след метановата ферментация се подава на шнекови преси (6), които сепарират течността на две фракции. Твърдата фракция е със съдържание на сухо вещество 30-36%, без характерната неприятна миризма на органични отпадъци и с консистенция подобна на тази на минералните торове. Както се вижда от Табл. 1 при тези технологични параметри се постига максимална степен на минерализация 70%. Химичният състав се характеризира с високо съдържание на основните биогенни химични елементи K, P и N е оптимално съотношение между въглерода и азота. Изследваните 11 токсични елементи са в количества, които са под регламентираните за Канада допустими количества в продукти, които се използват за повишаване на почвеното плодородие. При преценка на микробиологичните показатели бяха използвани нормативите на Канада. Установява се



наличие на коли бактерии до 10 в 1g сухо вещество (при норма до 1000 в органични торове), липса на салмонели и фекални стрептококи. Независимо от тези приемливи микробиологични показатели, за да се осигури допълнителна микробна деконтаминация твърдата фракция се товари на мобилни бункери с голяма вместимост ( $5\text{ m}^3$ ), където престоява 48 часа. През това време биошламът се самозагрива до температура  $70\text{--}80^\circ\text{C}$ . Извън завода е организирана площадка за компостиране, където биошламът престоява още 3-4 седмици, след което се използва за повишаване на почвеното плодородие в т.ч. и на площи за производство на биологична продукция.

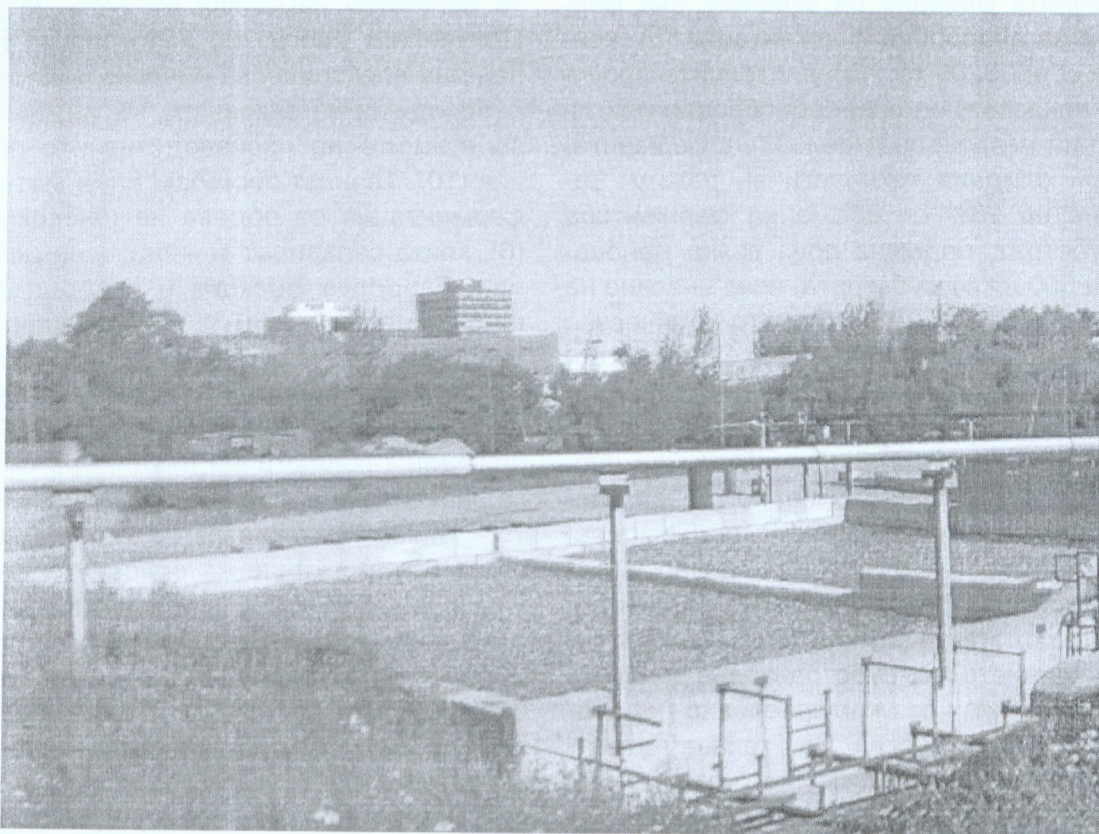
Водата след сепарирането се отвежда в резервоар (8), където се утаяват микро-частиците, а надстоящата течност се използва отново за разреждане на субстрата и по този начин се осигурява обратно водоснабдяване.

Всички технологични процеси, с изключение на метановата ферментация, се осъществяват в едно хале, което е херметизирано. Въздухообменът е 8-10 въздухосмени на час, като отработения въздух преминава

през два биологични филтъра всеки с площ  $30\text{ m}^2$ . Филтрите представляват решетки, върху които е насипан талаш, който се обработва с дезодорираща течност, химичният състав на която е фирмена тайна (Фиг.3). Степента на пречистване е толкова висока, че е възможно изграждането на завода в един от кварталите на Торонто без да се създава конфликт с живеещите в района поради замърсяване на въздуха.

Проведените проучвания показват, че технологията ВТА-process осигурява екологосъобразна преработка на органични отпадъци. Според техните качества като суровина за производство на биогаз на първо място са отпадъчните продукти от хранителната промишленост, следвани от органичния тор получаван при сухо почистване на помещенията и битовите органични отпадъци. Последната суровина е с най-хетерогенен състав, но независимо от тази особеност приложената технология позволява да се стабилизират технологичните процеси.

Стойността на завода в Торонто струва 8-10 млн. канадски долара, а стойността на най-големия подобен завод в Канада



Фиг. 3. Биофилтри за пречистване на излизация въздух от цеха за предварителна обработка на органичните отпадъци



Newmarket Ltd, който е в експлоатация от 2000 г е 40 млн. канадски долара. Заводът се обслужва от 12 човека, в т.ч. и административно управленски кадри. Той е енергийно автономен, тъй като полученото газово гориво задоволява енергийните потребности на инсталациите. Независимо, че все още не са уточнени сроковете за възстановяване на направените капитални вложения прогнозата е, че този срок е около 6 години. Енергийната автономност е от изключително значение, тъй като при енергийната катастрофа на 14 август 2003г. класическите пречиствателни станции за битови отпадни води поради липса на енергия прекратиха своята работа и непреработени отпадъци бяха директно зауствани в езерата.

Проведените проучвания са актуални за България по две причини. Първата е, че преработката на органичните отпадъци е проблем и за България, тъй като засега в страната липсват специализирани преработвателни предприятия. Замърсяването с органични торове нарушава плодородието на 2000 ha плодородни земи, а информация за реалните площи на сметищата върху които се депонират битовите органични отпадъци липсват. Известно е, че по количество на битовите отпадъци на глава от населението България изпреварва с около 30% страните от ЕС, а органичните отпадъци от животновъдните ферми са замърсител №2 на българската природа [Байков, 2003]. Съгласно ангажиментите на страната ни пред ЕС се налага изграждането на заводи за преработка на органични отпадъци. Преценен по стойност на технологичните възли, капитални вложения и достъпност на оборудването, както и по експлоатационни разходи заводът в Торонто, в който се прилага технологията VTA-process, превъзхожда подобни предприятия в Европа, в които се прилага пиролиза, изгаряне на органичните отпадъци и др. решения. Следва да се подчертае че от 2000-та година страните от ЕС масово се отказват от различните технологии на изгаряне на органичните отпадъци, тъй като се оказва, че за съвременното селскостопанско производство трябва да се намери алтернатива на минералните торове. Проучванията показват че такава възможност е компостът с конкретни параметри, както на биогенните, така и на токсични-

те елементи. Той е особено необходим за производството на биологична продукция от растениевъдството. Съгласно Наредба № 22 на МЗГ преработените битови отпадъци по технология, аналогична на описаната съответстват на изискванията за препарати предназначени за повишаване на почвеното плодородие във ферми за производство на биологична продукция и в България.

От особено значение е описаната технология при преценка на технологичните решения в България за преработка на органичните торове от селскостопанските животни. През 70-те години на XX век, много от промишлените ферми преминаха от хидравлично към сухо почистване на помещението. По данни на МОСВ сега степента на оползотворяване на суровините в животновъдството е 2,91%, което е причина за линейност на технологиите и натрупване всяка година на 107,18 млн тона течни торови отпадъци и 19,56 млн тона твърди отпадъци. Анализите [Legett и сътр 2002] показват, че за преработка на течните отпадъци със сухо вещество до 20% е целесъобразно производството на биогаз по досега прилаганите методи на производство. При съдържание на сухо вещество над 20% досега се препоръчаше компостиране. При тази технология, същността на която е интензифициране на минерализацията на органичните вещества значителна част от енергията не се оползотворява, както и около 30% от биогенните химични елементи. Процесът при съвременните технологични решения не е обект на строг контрол, поради което и резултатите не се еднакви и не може да се получи стандартизиран продукт. При нашите проучвания се установи, че с технологията VTA е възможно да се избегнат и други негативни страни на компостирането: опасност от замърсяване на атмосферата и повърхностните води с патогенни микроорганизми и токсични вещества, недостатъчни възможности за управление на процеса и т.н. Съществена особеност е, че VTA технологията дава възможност да се оползотвори съдържащата се в тора енергия, като се получи енергоносител биогаз и да се постигне висока и стабилна при отделните експерименти степен на минерализация – 70%, което подобрява качеството на биошлама като подобрител на



почвата. От 2000-та година в Karlsholf Munich City функционира завод с ВТА технология, който преработва 5500 t органични торове годишно.

Проведените проучвания позволяват да се направят следните изводи:

1. ВТА технологията за преработка на органични отпадъци дава възможност с методите на инженерната екология да се решат две групи проблеми: ограничаване на замърсените с органични отпадъци площи и възстановяване структурата и плодородието на почвата посредством внасяне на биошлам. И в двете насоки се оптимизират параметрите на екотопи, предназначени за производство на селскостопанска продукция.

2. Полученият биошлам по съдържание на биогенни елементи и наличие на токсични елементи отговаря на изискванията за производство на биологична продукция от растениевъдството.

3. Технологията е ефективна за преработка на органични торове и битови органични отпадъци с повишено съдържание на сухо вещество, тъй като се реализира в херметизирана система без риск от замърсяване на въздуха, водите или почвата, всички процеси се контролират и оптимизират, получава се газово гориво (биогаз) и биошлам, който е със степен на минерализация 70% и с висока степен на микробна деконтаминация.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Настоящата разработка е реализирана благодарение на финансирането от Нов български университет на проект "Агроеко-

логична преценка на биошлама от метанова ферментация на ограничени отпадъци с повишено съдържание на сухо вещество" /договор №50/27.07.04/

## ЛИТЕРАТУРА:

1. Байков Б. Д., Екология и хигиена на селскостопанските животни, С, Изд. ЛТУ, 2003
2. Реймерс Н., Екология М, Мысл, 1994
3. Baader, A et al., Biogas in Theorie and Praxis, KTLB, Darmstad, 1980
4. Baykov B. & D. Tyrawska, Ecological Studies on Antropogenic ecosystems for production of poultry meat and eggs, W-wa, Inst. Ecology, 1991
5. ВТА process – Фирмена документация, 2000
6. Dan K., Anaerobic digestion, Walford College, 2000
7. Legett J et al., Biological Manipulation of Manure, 2002, mxh16@psu.edu
8. Sasse L., The biogas Plant, GTZ/GATE, Echnborn, 1984
9. Wernwe, U., Biogas Plants in Animal Husbandry., View & Sohn, Wiesbaden, 1991

**Проф. д.н. Б. Д. Байков**

Нов Български Университет  
1618 София, Монтевидео 21  
тел. (02)8110606, 8110626  
e-mail: [bdbaykov@abv.bg](mailto:bdbaykov@abv.bg)

**Prof. Bayko D. Baykov, D. Sc.**

New Bulgarian University  
1618 Sofia, 21 Montevideo Str.  
tel. (02)8110606, 8110626  
e-mail: [bdbaykov@abv.bg](mailto:bdbaykov@abv.bg)